

## РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ТВЕРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

## CALCULATION METHODS OF OPTIMIZATION OF RADIATION PROTECTION CONTAINERS FOR STORAGE SOLID RADIOACTIVE WASTE

Васютин Н.А., Семёнова Е.О., Михайлова А.Ф., Ташлыков О.Л.  
Уральский Федеральный Университет, г. Екатеринбург, *rin.nohara@bk.ru*  
*vasutinwasdek@mail.ru*

Vasutin N. A., Semenova E. O., Mihailova A. F., Tashlykov O. L.  
Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** В докладе содержится анализ эффективности защиты от гамма-излучения стальных пеналов с РАО, окруженных свинцовой защитой и помещенных в контейнер НЗК-I. В ходе работы был применен расчет по методу Монте-Карло. По результатам расчетов вынесены рекомендации, направленные на повышение эффективности защиты и уменьшение ее материалоемкости.

**Abstract:** The report contains an analysis of the effectiveness of the protection from gamma-radiation steel canisters and protected by lead and placed in a container of NZK-I. the course work has been applied to the calculation of Monte Carlo. The results of calculations made recommendations aimed at enhancing the protection and reducing its material consumption.

**Ключевые слова:** контейнер НЗК-I; метод Монте-Карло; радиоактивные отходы, гамма-излучение.

**Key words:** container NZK-I; Monte-Carlo method, radioactive waste, gamma radiation.

Одним из вариантов обращения с твердыми радиоактивными отходами (ТРО) является их размещение в защитных контейнерах для длительного хранения. При этом большое значение имеет оптимизация радиационной защиты контейнера с использованием расчетных кодов.

Для определения мощности дозы  $\gamma$ -излучения от различных источников на поверхности защитного материала использовался высокопрецизионный расчетный код, реализующий метод Монте-Карло при определении переноса совокупности нейтронов, фотонов, электронов с непрерывной энергией в обобщенной геометрии и с зависимостью от времени.

В данной работе приведены результаты моделирования контейнера НЗК-I с радиоактивными отходами (РАО). Контейнер (таблица) изготовлен из бетона

М550 и используется для хранения радиоактивных изотопов (цезий-134, 137; хром-51; железо-59; марганец-54; кобальт-58, 60; стронций-90; цирконий-95; ниобий-95).

Геометрические параметры контейнера НЗК - I

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
Масса незаполненного контейнера	т	5,2
Масса корпуса	т	4
Масса крышки	т	0,99
Масса замкового соединения	т	0,1
Масса загруженного контейнера	т	7,2
Габаритные размеры, длина×ширина×высота	мм	1750×1750×1340
Внутренние размеры контейнера, длина × ширина × высота	мм	1430×1430×960
Внутренний объем	м <sup>3</sup>	1,9
Толщина днища корпуса	мм	150
Толщина стенок корпуса	мм	150
Толщина крышки	мм	220
Объем полости под замковое соединение	м <sup>3</sup>	0,05

Расчетная модель выполнена в виде прямоугольного параллелепипеда из бетона с длиной – 1750 мм, шириной – 1750 мм, высотой – 1340 мм.

Внутри параллелепипеда расположено 4 пенала в виде цилиндров из нержавеющей стали 12Х18Н10Т наружным диаметром 192 мм, толщиной стенок 1 мм и высотой 720 мм (рис. 1). Пеналы окружались слоем свинца, толщина которого в ходе расчетов варьировалась от 0 мм до 12,5 мм с шагом в 2,5 мм. Загрузка контейнера выглядит следующим образом: на дно контейнера симметрично устанавливаются 4 пенала, смещенные на 431 мм от центра пенала (размещены внутри квадрата со стороной 600 мм). Сверху пеналы засыпаны свинцовой дробью, а также стальной дробью и накрыты пластиной толщиной 3 мм, Пространство контейнера заполнено бетоном М300.

Приемники, регистрирующие мощность гамма-излучения, расположены в непосредственной близости от боковых поверхностей стенок на минимальном расстоянии от центров пеналов (всего 8 приемников, по 2 на каждую стенку контейнера), Приемники также установлены на крышке и под днищем пеналов (всего 8 приемников, по 4 на днище и крышку). Они представляют собой цилиндры диаметром 300 мм и высотой 15 мм.

В ходе работы была рассчитана суммарная мощность эквивалентной дозы на поверхности контейнера при различных активностях источников в пеналах.

Время расчета одного варианта задачи со статистической ошибкой от 1 % до 20 % составляет 16,7 часов.

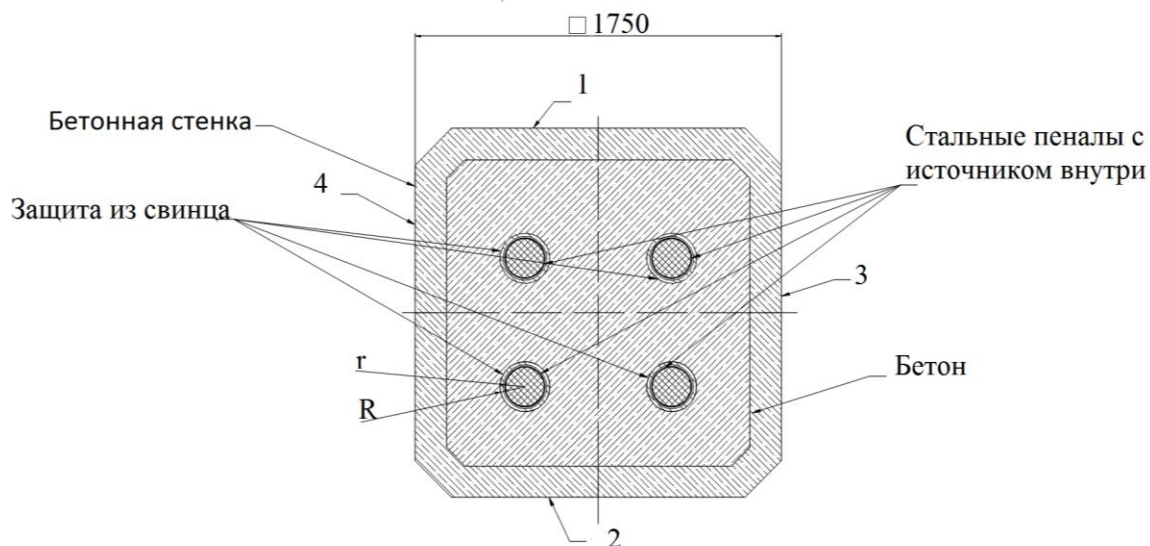


Рис. 1. Схема горизонтального разреза расчетной модели:  
1, 2, 3, 4 – номера боковых граней куба,  $r$  – радиус пены с наполнителем,  
 $R$  – внешний радиус цилиндрической свинцовой защиты

На рис. 2 приведены усредненные по граням параллелепипеда результаты расчетов при толщине стенки пены от 2,5 до 12,5 мм.

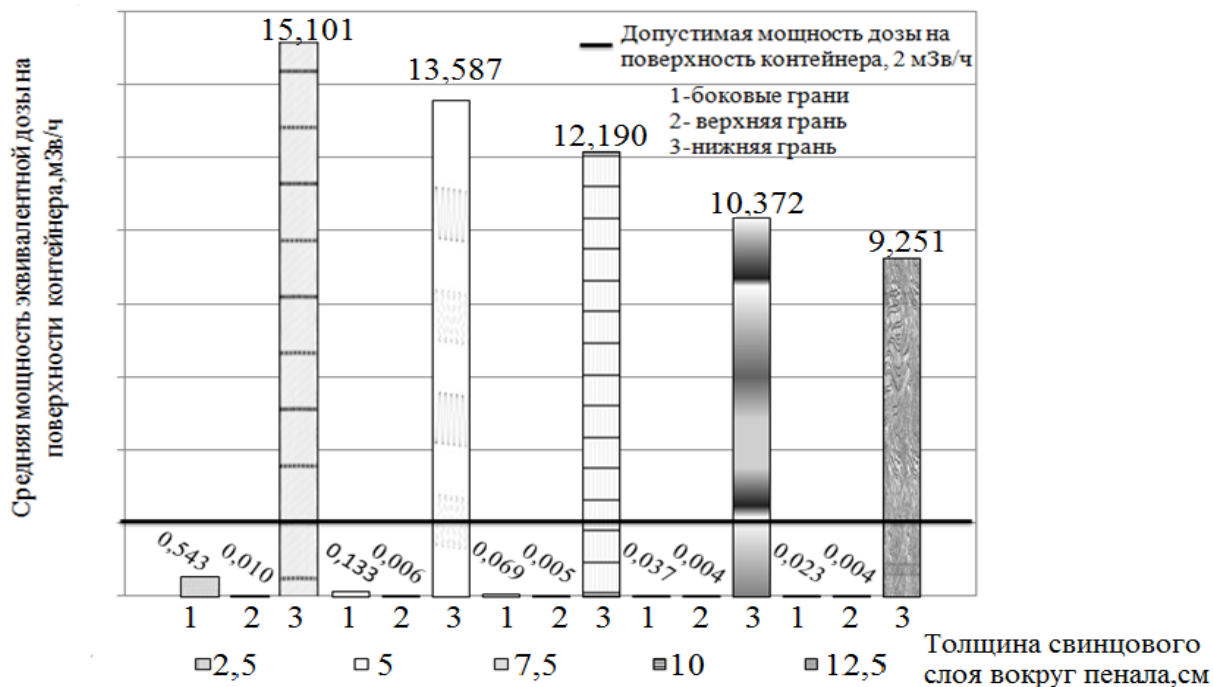


Рис. 2. Средние значения мощности дозы гамма-излучения для горизонтальных (верхняя и нижняя) и вертикальных (боковых) граней бетонного контейнера

В результате анализа выявлена наименее материалоемкая защита, обеспечивающая мощность излучения вблизи внешней стенки контейнера до 2

мЗв/ч. При расчете обнаружено, что максимальная мощность гамма-излучения регистрируется датчиками, расположенными под днищем контейнера, т.к. пеналы со стороны днища контейнера имеют только слой бетона толщиной 220 мм. В дальнейшем предполагается рассмотреть уменьшение загрузки РАО в контейнер и возможность размещения у днища пенала слоя свинцовой дробы.

#### Список использованных источников

1. Русских И.М., Селезнев Е.Н., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е. Экспериментально-теоретическое исследование органометаллических радиационно-защитных материалов, адаптированных к источникам излучения со сложным изотопным составом // Ядерная физика и инжиниринг. 2014. том 5. № 5. С. 449-455.

2. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Лукьяненко В.Ю., Михайлова А.Ф., Русских И.М., Селезнев Е.Н., Козлов А.В. Оптимизация состава радиационной защиты // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2015. № 4. С. 36-42.

УДК 624.9

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМООБРАБОТКИ И СПЕКАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ОКСИДОВ МАГНИЯ

### STUDY OF HEAT TREATMENT AND SINTERING OF SYNTHETIC MAGNESIUM OXIDE

Воскрецова Е. А., Земляной К. Г.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, katyshka-94@inbox.ru

Voskretcova E. A., Zemlyanoy K. G.

Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** Рассмотрены процессы термического разложения природных (брусит) и синтетических (гидроксид магния, гидрокарбонат магния) соединений магния. Проведено исследование спекаемости оксида магния, полученного из синтетических продуктов гидрохимической переработки техногенных отходов в чистом виде, и использование малых количеств эвтектоидных добавок.

**Abstract:** The processes of thermal decomposition of natural (brucite) and synthetic (magnesium hydroxide, magnesium carbonate) magnesium compounds were considered. Research of sintering magnesium oxide produced from synthetic products from hydro-chemical processing of industrial waste in a pure form and using small amounts of additives eutectoid was performed.